

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 22 510 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 02 B 13/24
G 02 B 13/14
G 02 B 17/08
// G 03F 7/20

②1 Aktenzeichen: 198 22 510.5
②2 Anmeldetag: 19. 5. 98
④3 Offenlegungstag: 25. 11. 99

DE 198 22 510 A 1

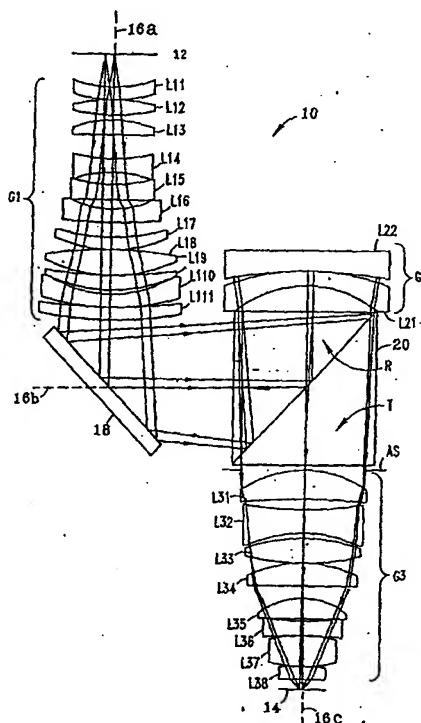
⑦1 Anmelder:
Nikon Corp. (Intellectual Property Headquarters),
Tokio/Tokyo, JP

⑦A Vertreter:
Viering, Jentschura & Partner, 80538 München

⑦2 Erfinder:
Omura, Yasuhiro, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Katadioptrische Projektionslinseanordnung
⑤7 Katadioptrische Projektionslinsen mit einer ersten Linsengruppe (G1), die entlang einer ersten optischen Achse (16a) angeordnet ist, einem Spiegel (18), der eine zweite optische Achse (16b) schafft, einen Strahlenteiler (20), der eine dritte optische Achse (16c) schafft, eine zweite Linsengruppe (G2), die einen entlang der dritten optischen Achse auf der Seite des Strahlenteilers angeordneten konkaven Spiegel (L22) aufweist. Die erste und die dritte optische Achse sind parallel zueinander, eine Konfiguration, die Aberrationen bedingt durch Schwerkraftdeformationen der Linsenelemente vermindert, wenn die erste und dritte Achse in Richtung der Schwerkraft ausgerichtet sind.



DE 198 22 510 A 1

Die Erfindung betrifft Projektionslinsen, insbesondere hochauflösende, ultraviolette Projektionslinsen für optische Projektionssysteme.

Der Herstellungsprozeß bestimmter elektronischer Bauelemente wie beispielsweise integrierter Halbleiterschaltkreise, Flüssigkristallanzeigen und ähnlichem, erfordert die Anwendung von hochauflösenden optischen Projektionssystemen. In einem solchen System wird das Muster einer Photomaske oder Strichplatte mit Licht aus einer Beleuchtungsquelle beleuchtet. Das durchtretende Licht wird auf ein Werkstück wie beispielsweise ein lichtempfindliches Substrat (z. B. einen mit Photolack beschichteten Siliziumwafer) durch Projektionslinsen abgebildet. Die ansteigenden Integrationsdichte von integrierten Schaltkreisen elektronischer Bauelemente verlangt von den optischen Projektionssystemen stetig eine höhere Auflösung. Um diesen Anspruch zu erreichen, ist es notwendig, in den optischen Projektionssystemen Projektionslinsen zu verwenden, die mit Licht kürzerer Wellenlänge arbeiten und/oder eine größere numerischen Apertur (NA) haben.

Verkürzen der Betriebswellenlänge des optischen Projektionssystems in den ultravioletten Bereich (UV) des elektromagnetischen Spektrums hat die Konsequenz, daß lediglich eine begrenzte Anzahl von optischen Materialien zur Anwendung verfügbar ist. Zum Beispiel sind bei Wellenlängen unter 300 Nanometer (nm) synthetisches Quarz und Flusssäure (Calciumfluorid) die einzigen Glasarten, die eine geeignete Übertragungseigenschaft aufweisen. Leider liegt die Abbe-Zahl dieser Gläser nahe beieinander, so daß es schwierig ist, bei solchen Ausführungsformen von Linsen die diesen Gläsertyp anwenden, die unterschiedlichen Aberrationen, einschließlich der chromatischen Aberration der Projektionslinsen auszugleichen.

Im Gegensatz dazu haben reflektierende optische Systeme keine chromatische Aberration. Somit wurden mehrere Projektionslinsen vorgeschlagen, die reflektierende und lichtbrechende Linsenelemente (d. h. "katadioptrische" Linsen) haben. Einige der vorgeschlagenen hochauflösenden katadioptrischen Projektionslinsen weisen einen in dem Strahlengang angeordneten Strahlenteiler zum Duplizieren auf und sind in der japanischen Patentanmeldung Kokoku No. Hei 7-117648, der japanischen Patentanmeldung Kokai No. Hei 5-88089, der japanischen Patentanmeldung Kokai No. Hei 3-282527, PTC/EP95/01719 und dem U.S. Patent 5,241,423 offenbart.

Die in den oben genannten Patentanmeldungen beschriebenen Projektionslinsen weisen optische Achsen mit Linsenelementen (in Strahlenrichtung gesehen) vor dem Strahlenteilerelement und (in Strahlenrichtung gesehen) nach dem Strahlenteilerelement auf, wobei diese Achsen nicht parallel zueinander sind. Die jüngsten Anforderungen nach einer höheren NA sowie einer größeren Feldgröße erfordern, daß die Lichtbrechungselemente und die Reflexionselemente vergrößert werden. Leider ist die Vergrößerung der Linsenelementen wegen der Schwerkraftdeformationseffekte problematisch, die auftreten, wenn die Projektionslinsen im optischen Projektionssystem befestigt sind. Liegen die optischen Achsen der dem Strahlenteiler vor- bzw. nachgeschalteten Lichtbrechungselemente nicht parallel zueinander, so treten asymmetrische Deformationen in den Linsenelementen infolge der Schwerkraft auf. Diese Deformationen verursachen Aberrationen, die die Auflösung der Projektionslinsen unakzeptabel verringern. Leider sind diese Aberrationen derart, daß sie nicht einfach während der Herstellung beseitigt werden können.

Die Erfindung betrifft Projektionslinsen, insbesondere hochauflösende, ultraviolette Projektionslinsen für optische Projektionssysteme.

Nach einem Aspekt der Erfindung wird eine katadioptrische Projektionslinsenanordnung mit einer Objektebene und einer Abbildungsebene geschaffen. Die Linsenanordnung weist, in der Reihenfolge von der Objektebene zu der Abbildungsebene hin, eine erste Linsengruppe mit einer oder mehreren Lichtbrechungslinsen auf, die entlang einer ersten optischen Achse angeordnet sind. Dahinter ist ein erster Spiegel angeordnet, der eine zweite optische Achse schafft, die nicht parallel zu der ersten optischen Achse ist. Hinter dem ersten Spiegel ist ein Strahlenteiler entlang der zweiten Achse angeordnet. Der Strahlenteiler schafft eine dritte optische Achse, die parallel zu der ersten optischen Achse ist. Auf der Seite des Strahlenteilers gegenüber der Abbildungsebene ist entlang der dritten Achse eine zweite Linsengruppe mit einem oder mehreren Lichtbrechungslinsenelementen und einem konkaven Spiegel angeordnet. Ferner ist eine dritte Linsengruppe mit einer oder mehreren Lichtbrechungslinsenelementen entlang der dritten optischen Achse der Abbildungsebene unmittelbar benachbart angeordnet.

Nach einem anderen Aspekt der Erfindung ist ein Aperturstop zwischen dem Strahlenteiler und der dritten Linsengruppe angeordnet.

Ein Hauptvorteil dieser Konfiguration ist, daß dann, wenn die erste und die dritte optische Achse parallel zu der Richtung der Schwerkraft ausgerichtet sind, Aberrationen, die aufgrund von Deformationen der Linsenelemente infolge der Schwerkraft auftreten können, vermindert werden. Dies ermöglicht eine Ausführung mit einer hohen NA (z. B. 0,6 und darüber) und kurzer Wellenlänge (193 nm), um dadurch eine hohe Auflösung (z. B. 0,25 µm oder weniger) zu erreichen.

Fig. 1 stellt ein schematisches optisches Diagramm einer ersten Ausführungsform gemäß der Erfindung dar;

Fig. 2a-2c sind Diagramme der transversalen Aberration für fünf Wellenlängen und drei Abbildungshöhen der ersten Ausführungsform;

Fig. 3 stellt ein schematisches optisches Diagramm einer zweiten Ausführungsform gemäß der Erfindung dar; und

Fig. 4a-4c sind Diagramme der transversalen Aberration für fünf Wellenlängen und drei Abbildungshöhen der zweiten Ausführungsform;

Die Erfindung betrifft Projektionslinsen, insbesondere hochauflösende, ultraviolette Projektionslinsen für optische Projektionssysteme. Die Projektionslinsen gemäß der Erfindung sind derart gestaltet, daß Schwerkraftdeformationen der Linsenelemente, welche Aberrationen verursachen, die nicht einfach während des Herstellungsprozesses korrigiert werden können, vermindert werden. Um dies zu erreichen weist die Projektionslinse gemäß der Erfindung eine Mehrzahl von Lichtbrechungslinsenelementen auf, die in drei Gruppen angeordnet sind. Eine dieser Gruppen weist mindestens einen konkaven Spiegel auf. Außerdem sind die durch die Lichtbrechungslinsenelemente verlaufenden optischen Achsen zueinander parallel. Diese Konfiguration ermöglicht, daß die Richtung der Schwerkraft für jede Linsengruppe gleich ist.

Eine bevorzugte Ausführungsform gemäß der Erfindung weist eine schmalbandige Projektionslinse auf, die Quarz und/oder Calciumfluorid-Lichtbrechungslinsenelemente verwendet und eine Hochauflösung, wie beispielsweise Sub-Viertel-Mikrometer, und eine hohe NA, wie beispielsweise 0,6 und größer, hat.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine Streifenplatte in einem Streifenplattenhalter zum Halten der Streifenplatte an oder nahe an die Objektebene der Projektionslinse gemäß der Erfindung angeordnet. Außerdem ist ein Werkstück (z. B. ein mit Photolack beschichteter Siliziumwafer) in einem Werkstückhalter zum Halten des Werkstücks an oder nahe an die Abbildungsebene der Projektionslinse angeordnet. Gemäß der Erfindung sind die Objektebene und die Abbildungsebene im wesentlichen parallel zueinander. Die Streifenplatte und der Wafer werden dann in parallelen Ebenen gescannt (typischerweise in der Objektebene bzw. der Abbildungsebene), die im rechten Winkel zu den optischen Achsen der Linsengruppe dem Strahlenteiler vor- bzw. nachgeschaltet angeordnet sind.

Bezugnehmend auf die Fig. 1 und 3, die die repräsentative katadioptrische Projektionslinse 10 bzw. 20 zeigen, weist die katadioptrische Projektionslinse gemäß der Erfindung, in der Reihenfolge von der Objektebene 12 zu der Abbildungsebene 14 hin entlang der optischen Achsen 16a-16c, eine erste Linsengruppe G1, einen planen Spiegel 18, einen Strahlenteiler 20, eine zweite Linsengruppe G2 mit einem konkaven Spiegel L22, der in dem optischen Weg R des von dem Strahlenteiler in Richtung entgegen der Abbildungsebene 14 reflektierten Lichtstrahlenbündels angeordnet ist, und eine dritte Linsengruppe G3 auf, die im optischen Weg T direkt angrenzend an den Strahlenteiler 20 auf der Seite der Abbildungsebene angeordnet ist.

Die entlang der optischen Achse 16a angeordnete Linsengruppe G1 weist ein negatives Meniskuslinsenelement L11 mit einer konkaven Oberfläche auf der Objektseite, ein bikonvexes Linsenelement L12, ein bikonvexes Linsenelement L13, ein bikonkaves Linsenelement L14, ein bikonvexes Linsenelement L15, ein negatives Meniskuslinsenelement L16 mit einer konkaven Oberfläche auf der Objektseite, ein positives Meniskuslinsenelement L17 mit einer konvexen Oberfläche auf der Objektseite, ein bikonvexes Linsenelement L18, ein positives Meniskuslinsenelement L19 mit einer konvexen Oberfläche auf der Objektseite, ein negatives Meniskuslinsenelement L110 mit einer konvexen Oberfläche auf der Objektseite und ein positives Meniskuslinsenelement L111 mit einer konvexen Oberfläche auf der Objektseite auf.

Die entlang der optischen Achse 16c angeordnete Linsengruppe G2 weist ein negatives Meniskuslinsenelement L21 mit einer konkaven Oberfläche auf der Objektseite und einen konkaven Spiegel L22 auf.

Die entlang der optischen Achse 16c angeordnete Linsengruppe G3 weist ein positives Meniskuslinsenelement L31 mit einer konkaven Oberfläche auf der Objektseite, ein bikonkaves Linsenelement L32, ein bikonvexes Linsenelement L33, ein bikonvexes Linsenelement L34, ein positives Meniskuslinsenelement L35 mit Linsenelement L34, ein positives Meniskuslinsenelement L35 mit einer konvexen Oberfläche auf der Objektseite, ein bikonkaves Linsenelement L36, ein bikonvexes Linsenelement L37 und ein positives Meniskuslinsenelement L38 mit einer konvexen Oberfläche auf der Objektseite. Ein Aperturstop AS ist zwischen den Linsengruppen G2 und G3 oder in der Linsengruppe G3 angeordnet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Strahlenteiler 20 an der Schnittstelle zweier rechtwinkligen Prismen gebildet. Diese Ausführung verhindert Koma- und Astigmatismusfehler, die die Anwendung eines Plattentyp-Strahlenteilers begleiten. Der Strahlenteiler 20 kann ein Plattentyp, ein Prismentyp, ein polarisierter Plattentyp oder ein polarisierter Prismentyp sein.

Die Linsengruppe G1 nach der bevorzugten Ausführungsform erfüllt die Bedingung

$$-1 < 1/\beta_1 < 1 \quad (1)$$

wobei β_1 die Vergrößerung der Linsengruppe G1 ist. Wenn der Ausdruck $1/\beta_1$ die obere Grenze der Bedingung (1) übersteigt, ist es schwierig, den Spiegel 18 zum Reflektieren des Strahlengangs und den Strahlenteiler 20 anzuordnen. Wenn der Ausdruck $1/\beta_1$ unter die untere Grenze der Bedingung (1) fällt, wird die Projektionslinse 10 vergrößert und die Korrektur der off-axis-Aberration (der optischen Achse) wird schwierig. In der bevorzugten Ausführungsform liegt die untere Grenze der Bedingung (1) bei 0 oder sogar 0,4 und die obere Grenze bei 0,7.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, ist der Aperturstop AS in seiner Größe variabel, wodurch die Einstellung der Auflösung und der Brennpunktiefe ermöglicht wird. Ebenso kann durch die abbildungsseitig telezentrische Gestaltung der Projektionslinsenordnung die Verzeichnung (d. h. Abbildungsplatzierungsfehler) als Funktion der Defokussierung vernachlässigt werden. Um übermäßige Lichtabsorption und Zerstreuung zu vermeiden, wird ferner nach einer bevorzugten Ausführungsform ein Polarisationsstrahlenteiler 20 in Kombination mit einer 1/4-Wellenplatte angewendet, die zwischen dem Strahlenteiler 20 (der in diesem Fall ein Polarisationsstrahlenteiler ist) und dem konkaven Spiegel angeordnet ist.

Beispiele 1 und 2 entsprechend der Projektionslinsen 10 bzw. 20 sind in den nachfolgenden Tabelle 1 bzw. 2 und den Fig. 1 bzw. 3 mit ihren entsprechenden Aberrationsdiagrammen (Fig. 2a-c bzw. 4a-c) ausgegeben. In den Aberrationsdiagrammen entsprechen die unterschiedlichen Strichtypen fünf unterschiedlichen Wellenlängen von 192,295 nm bis 193,305 nm. Die hier angegebenen Beispiele sind Reduktions-Projektionslinsen, die zum Drucken verwendet werden, indem die Streifenplatte (nicht gezeigt) in der Objektebene 12 gescannt wird, während gleichzeitig ein Wafer (nicht gezeigt) in der Abbildungsebene 14 gescannt wird, wie oben erläutert (siehe Fig. 1 oder Fig. 3). Die Scanngeschwindigkeit der Streifenplatte und die des Wafer sind auf der Basis des Reduktionsmaßes synchronisiert. Der "Belichtungsbereich" in den Tabellen 1 und 2 ist die Feldgröße in der Streifenplattenebene. Der Belichtungsbereich in den Beispielen 1 und 2 ist ein rechtwinkliger Spalt mit einer langen Seite der Abmessung "a" in Richtung senkrecht zur Scannrichtung und einer kurzen Seite "b" entlang der Scannrichtung. Der Belichtungsbereich ist auf der optischen Achse 16a zentriert. Der Spiegel 18 und Strahlenteiler 20 brechen den optischen Weg um jeweils 90 Grad, so daß die optische Achse 16a und die optische Achse 16c zueinander parallel sind. Ebenso ist der Aperturstop AS zwischen dem Strahlenteiler 20 und der Linsengruppe G3 angeordnet.

In den Tabellen 1 und 2 ist "S" die Oberflächennummer, "r" ist der Krümmungsradius, der positiv ist, wenn die Linsenoberfläche dem Krümmungszentrum relativ zu dem einfallenden Licht vorgeht (das Vorzeichen des Krümmungsradius kehrt sich bei jeder Reflektion um), "d" ist der Abstand zwischen benachbarten Oberflächen (dessen Vorzeichen sich

bei jeder Reflexion umkehrt), "Glastyp" ist der Typ des Glases des jeweiligen Linsenelements und "Linsengruppe" identifiziert die Linsengruppe, zu der die jeweiligen Linsenelemente gehören. Ebenso haben die Beispiele 1 und 2 eine Mehrzahl von Linsen, die wie oben beschrieben konfiguriert sind und einen Plattentypstrahlenteiler. Ein Prismentyp-Strahlenteiler kann ebenso angewendet werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 1

Belichtungswellenlänge = 193.3 nm \pm 5 pm

Quarz (Synthetisches Quarz): Brechungsindex = 1.56033

CaF₂ (Fluorid): Brechungsindex = 1.50146

Abbildungsseitige NA = 0.650

Belichtungsbereich: a = 25 mm, b = 6 mm

 $1/\beta_1 = 0.57$

S	r	d	Glastyp	Gruppe	
0	Streifenplatte	50.000			
1	-188.0568	20.000	Quarz	G1	15
2	-281.5034	0.500			
3	431.1247	21.392	Quarz	G1	
4	-288.5924	6.668			
5	236.2574	20.000	Quarz	G1	20
6	1882.3987	36.559			
7	-357.7902	20.000	Quarz	G1	
8	167.6051	23.376			
9	-175.6436	20.000	CaF ₂	G1	25
10	-1470.5670	12.623			
11	-186.9077	20.000	Quarz	G1	
12	-1274.9545	23.974			
13	-286.1706	20.000	Quarz	G1	30
14	-211.3700	0.500			
15	701.0264	38.078	Quarz	G1	
16	-261.5668	0.500			
17	-598.9669	20.647	Quarz	G1	35
18	-271.9048	5.943			
19	-230.3536	20.000	Quarz	G1	
20	-404.2724	0.500			
21	-893.4980	20.000	Quarz	G1	40
22	-524.1623	100.000			
23	∞	-220.000	planer Spiegel	M	
24	∞	-115.000	Quarz		
25	∞	115.000	Quarz	BS (reflektierend)	
26	∞	42.590			45
27	-205.0171	20.000	Quarz	G2	
28	-362.2973	0.500			
29	-584.5154	-0.500	konkaver Spiegel	G2	
30	-362.2973	-20.000	Quarz	G2	50
31	-205.0171	-42.590			
32	∞	-115.000	Quarz		
33	∞	-115.000	Quarz	BS (übertragend)	
34	∞	-10.000			55
35	Aperturstop	-5.000			
36	-214.1175	-45.000	Quarz	G3	
37	-1561.0010	-14.542			
38	707.0832	-35.000	Quarz	G3	60
39	-243.0109	-7.154			
40	-344.7902	-35.000	CaF ₂	G3	
41	472.9348	-0.500			
42	-246.5665	-35.000	CaF ₂	G3	65
43	16237.2470	-21.872			
44	-115.5125	-29.384	CaF ₂	G3	

Belichtungswellenlänge = $193.3 \text{ nm} \pm 5 \text{ pm}$

Quarz (Synthetisches Quarz): Brechungsindex = 1.56033

CaF_2 (Fluorid): Brechungsindex = 1.50146

Abbildungsseitige NA = 0.650

Belichtungsbereich: a = 25 mm, b = 6 mm

$1/\beta_1 = 0.57$

	S	r	d	Glastyp	Gruppe
10	45	-1618.6280	-5.704		
	46	703.4519	-20.000	Quarz	G3
15	47	-672.9060	-0.500		
	48	-368.2245	-40.350	Quarz	G3
	49	1073.8114	-0.500		
	50	-572.4918	-20.000	Quarz	G3
20	51	-3000.0000	-17.000		
	52	Wafer			

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 2

Belichtungswellenlänge = 193.3 nm \pm 5 pm

Quarz (Synthetisches Quarz): Brechungsindex = 1.56033

CaF₂ (Fluorid): Brechungsindex = 1.50146

Abbildungsseitige NA = 0.650

Belichtungsbereich: a = 25 mm, b = 6 mm

1/ β_1 = 0.51

S	r	d	Glastyp	Gruppe
0	Streifenplatte	50.000		
1	-179.5776	20.000	Quarz	G1
2	-282.5988	0.500		
3	454.1650	22.901	Quarz	G1
4	-252.3208	5.836		
5	233.6302	20.000	Quarz	G1
6	1110.1931	33.789		
7	-303.6817	20.000	Quarz	G1
8	181.8725	19.204		
9	-270.4288	20.000	CaF ₂	G1
10	21100.7147	17.698		
11	-148.2217	20.000	Quarz	G1
12	-849.3763	24.229		
13	-286.5078	20.000	Quarz	G1
14	-206.8107	0.500		
15	772.3575	36.184	Quarz	G1
16	-275.2952	0.500		
17	-588.4319	20.000	Quarz	G1
18	-280.6383	5.486		
19	-240.2882	20.000	Quarz	G1
20	-450.1379	0.500		
21	-6350.6655	20.000	Quarz	G1
22	-631.0481	100.000		
23	∞	-270.000	planer Spiegel	M
24	∞	-110.000	Quarz	
25	∞	110.000	Quarz	BS (reflektierend)
26	∞	37.334		
27	-202.0637	20.000	Quarz	G2
28	-353.9158	0.500		
29	-571.0735	-0.500	konkaver Spiegel	G2
30	-353.9158	-20.000	Quarz	G2
31	-202.0637	-37.334		
32	∞	-110.000	Quarz	
33	∞	-110.000	Quarz	BS (übertragend)
34	∞	-10.000		
35	Aperturstop	-5.000		
36	-192.8373	-31.424	Quarz	G3
37	-665.8447	-12.739		
38	1564.0875	-35.000	Quarz	G3
39	-250.0795	-19.121		
40	-407.4761	-35.000	CaF ₂	G3
41	617.7314	-0.500		
42	-231.8625	-35.000	CaF ₂	G3
43	13701.5774	-5.993		
44	-127.4513	-26.172	CaF ₂	G3

Belichtungswellenlänge = $193.3 \text{ nm} \pm 5 \text{ pm}$
 Quarz (Synthetisches Quarz): Brechungsindex = 1.56033
 CaF₂ (Fluorid): Brechungsindex = 1.50146

Abbildungsseitige NA = 0.650
 Belichtungsbereich: a = 25 mm, b = 6 mm
 $1/\beta_1 = 0.51$

	S	r	d	Glastyp	Gruppe
45		-2284.2542	-5.838		
46		571.7610	-23.983	Quarz	G3
47		-342.8918	-0.500		
48		-213.0073	-45.000	Quarz	G3
49		1139.9867	-3.123		
50		-429.2310	-20.000	Quarz	G3
51		-3000.0000	-17.000		
52		Wafer			

Wie aus den Aberrationsdiagrammen nach Fig. 2a-c und 4a-c ersichtlich, haben die Beispiele 1 und 2 ausgezeichnete Abbildungsleistung.

Patentansprüche

1. Katadioptrische Projektionslinse mit einer Objektebene (12) und einer Abbildungsebene (14), welche in der Reihenfolge von der Objektebene (12) zu der Abbildungsebene (14) hin eine erste entlang einer ersten optischen Achse (16a) angeordnete Linsengruppe (G1) mit einem oder mehreren strahlenbrechenden Linsenelementen;
 einen ersten Spiegel (18), der eine zweite optische Achse (16b) schafft, die nicht parallel zu der ersten Achse ist;
 einen entlang der zweiten optischen Achse (16b) angeordneten Strahlenteiler (20), der eine dritte optische Achse (16c) schafft, die parallel zu der ersten optischen Achse (16a) ist;
 eine zweite Linsengruppe (G2) mit einem oder mehreren strahlenbrechenden Linsenelementen und einem konkaven Spiegel (L22), die entlang der dritten optischen Achse (16c) an den Strahlenteiler (20) angrenzend und der Abbildungsebene (14) gegenüberliegend angeordnet ist; und
 eine dritte Linsengruppe (G3) mit einer oder mehreren strahlenbrechenden Linsenelementen aufweist, die entlang der dritten optischen Achse (16c) unmittelbar angrenzend an die Abbildungsebene (14) angeordnet ist.
2. Katadioptrische Projektionslinse nach Anspruch 1, bei der der erste Spiegel (18) planar ist.
3. Katadioptrische Projektionslinse nach Anspruch 1, bei der der Strahlenteiler (20) Plattentyp, Prismentyp, polarisierter Plattentyp oder polarisierter Prismentyp ist.
4. Katadioptrische Projektionslinse nach Anspruch 1, bei der die erste Linsengruppe (G1) eine Vergrößerung β_1 hat und diese der Bedingung $-1 < 1/\beta_1 < 1$ entspricht.
5. Katadioptrische Projektionslinse nach Anspruch 1, die ferner einen Aperturstop (AS) aufweist, der zwischen der dritten Linsengruppe (G3) und dem Strahlenteiler (20) angeordnet ist.
6. Katadioptrische Projektionslinse nach Anspruch 1, bei der die strahlenbrechenden Linsenelementen aus einem Material ausgewählt aus der Gruppe von Materialien hergestellt sind, die Quarz und Calciumfluorid enthält.
7. Katadioptrische Projektionslinse nach Anspruch 1, bei der der Strahlenteiler (20) ein Polarisationsstrahlenteiler ist, wobei die Katadioptrische Projektionslinse eine 1/4 Wellenplatte zwischen dem Strahlenteiler (20) und dem konkaven Spiegel (L22) aufweist.
8. Katadioptrische Projektionslinse nach Anspruch 1 mit einer optimalen Aberrationskorrektur bei einer mittleren Wellenlänge von 193 nm und einer Bandbreite von 5 pm um die mittlere Wellenlänge.
9. Katadioptrische Projektionslinse mit Elementen und Charakteristiken nach Tabelle 1.
10. Katadioptrische Projektionslinse mit Elementen und Charakteristiken nach Tabelle 2.
11. Optisches Projektionssystem mit Projektionslinsen nach Anspruch 1, die derart angeordnet sind, daß die erste (16a) und die dritte Achse (16c) parallel zu der Richtung der Schwerkraft sind;
 einem Streifenplattenhalter, der eine Streifenplatte an oder nahe an die Objektebene (12) hält;
 einer Beleuchtungsquelle, die angrenzend an den Streifenplattenhalter und gegenüber den Projektionslinsen angeordnet ist; und
 einem Werkstückhalter zum Halten eines Werkstücks an oder nahe an die Abbildungsebene (14) der Projektionslinsen, wobei der Werkstückhalter angrenzend an die Abbildungsebene (14) der Projektionslinsen angeordnet ist.
12. Katadioptrisches optisches Projektionssystem mit einer Mehrzahl von Linsen;
 mindestens einem konkaven Spiegel (L22), der eine reduzierte Abbildung einer ersten Oberfläche auf einer zweiten Oberfläche bildet; und

jede der Mehrzahl von Linsen eine optische Achse hat, wobei die optischen Achsen zueinander parallel sind.

13. Katadioptrisches optisches Projektionssystem nach Anspruch 12, das ferner mindestens zwei Ablenkungsoberflächen aufweist.

14. Katadioptrisches optisches Projektionssystem nach Anspruch 12 oder 13, bei dem der mindestens eine konkave Spiegel (L22) eine optische Achse hat, die Mehrzahl der Projektionslinsen und der konkave Spiegel (L22) derart angeordnet sind, daß die optischen Achsen der Mehrzahl von Projektionslinsen und die optische Achse des konkaven Spiegels (L22) alle parallel zu der Richtung der Schwerkraft sind.

15. Katadioptrisches optisches Projektionssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem alle in den katadioptrischen optischen Projektionssystem enthaltenen optischen Elemente zwischen einer ersten Ebene, die die erste Oberfläche aufweist, und einer zweiten Ebene, die die zweite Oberfläche aufweist, angeordnet sind.

16. Katadioptrisches optisches Projektionssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 15, das in der Reihenfolge entsprechend dem Strahlengang ausgehend von der ersten Oberfläche ein erstes optisches System;

einen planen Spiegel (18);

einen Strahlenteiler (20) mit einem optischen Reflexionsweg und einem optischen Übertragungsweg;

ein zweites optisches System, das in dem optischen Reflexionsweg oder dem optischen Übertragungsweg angeordnet ist; und

ein drittes optisches System aufweist, das in dem optischen Weg auf der dem optischen Reflexionsweg gegenüberliegenden Seite des Strahlenteilers (20) angeordnet ist;

wobei das zweite optische System den mindestens einen konkaven Spiegel (L22) aufweist.

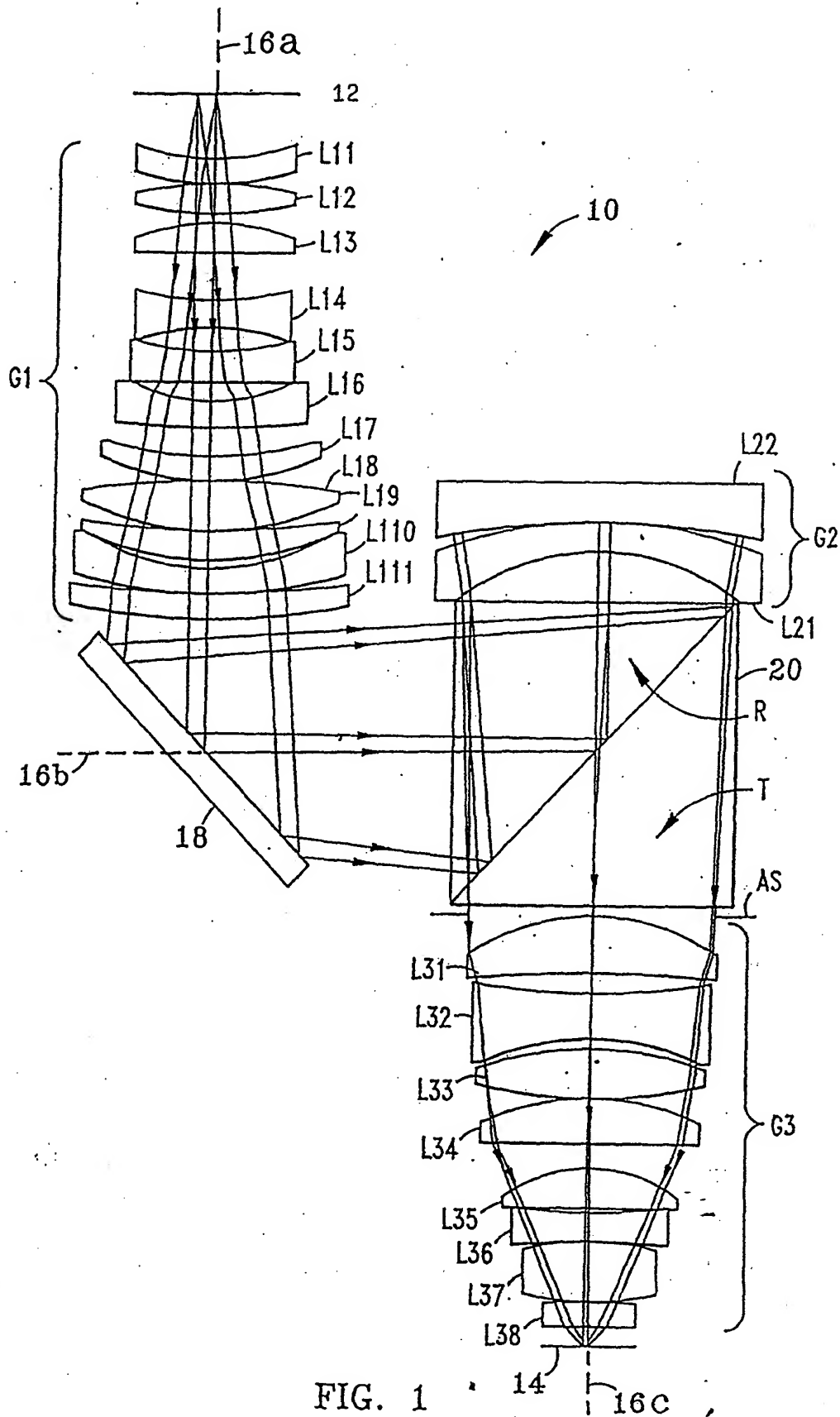
17. Katadioptrisches optisches Projektionssystem nach Anspruch 16, das ferner ein Paar rechtwinkliger Prismen mit einer Haftungsoberfläche aufweist, wobei der Strahlenteiler (20) auf der Haftungsoberfläche gebildet ist.

18. Katadioptrisches optisches Projektionssystem nach Anspruch 17, bei dem das erste optische System eine positive Brechungs-Leistung und Abbildungsvergrößerung hat, die die Bedingung $-1 < 1/\beta_1 < 1$ erfüllt.

19. Katadioptrisches optisches Projektionssystem nach Anspruch 16, ferner mit einem variablen Aperturstop (AS), der entweder zwischen dem Strahlenteiler (20) und dem dritten optischen System oder innerhalb des dritten optischen Systems angeordnet ist, wobei der variable Aperturstop (AS) telezentrisch zu der zweiten Oberfläche ist.

20. Katadioptrisches optisches Projektionssystem nach Anspruch 16, bei dem der Strahlenteiler (20) ein Polarisationsstrahlenteiler ist und das katadioptrische optische Projektionssystem einen 1/4 Wellenlängenplatte zwischen dem Polarisationsstrahlenteiler und dem konkaven Spiegel (L22) hat.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



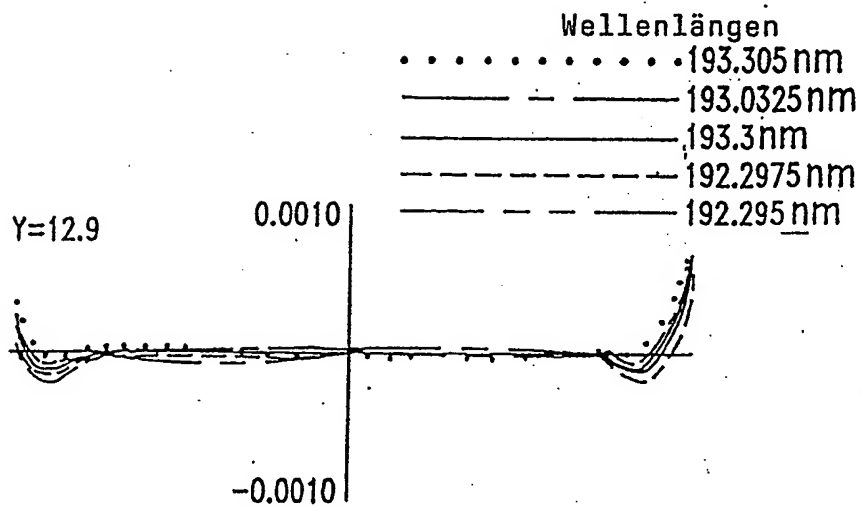


FIG. 2a

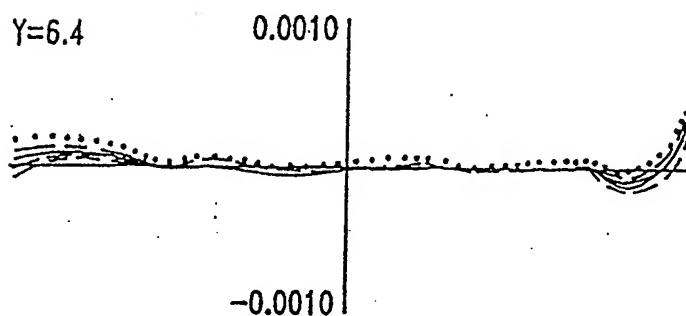


FIG. 2b

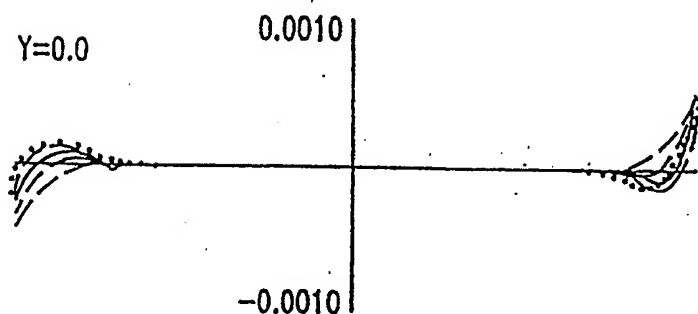
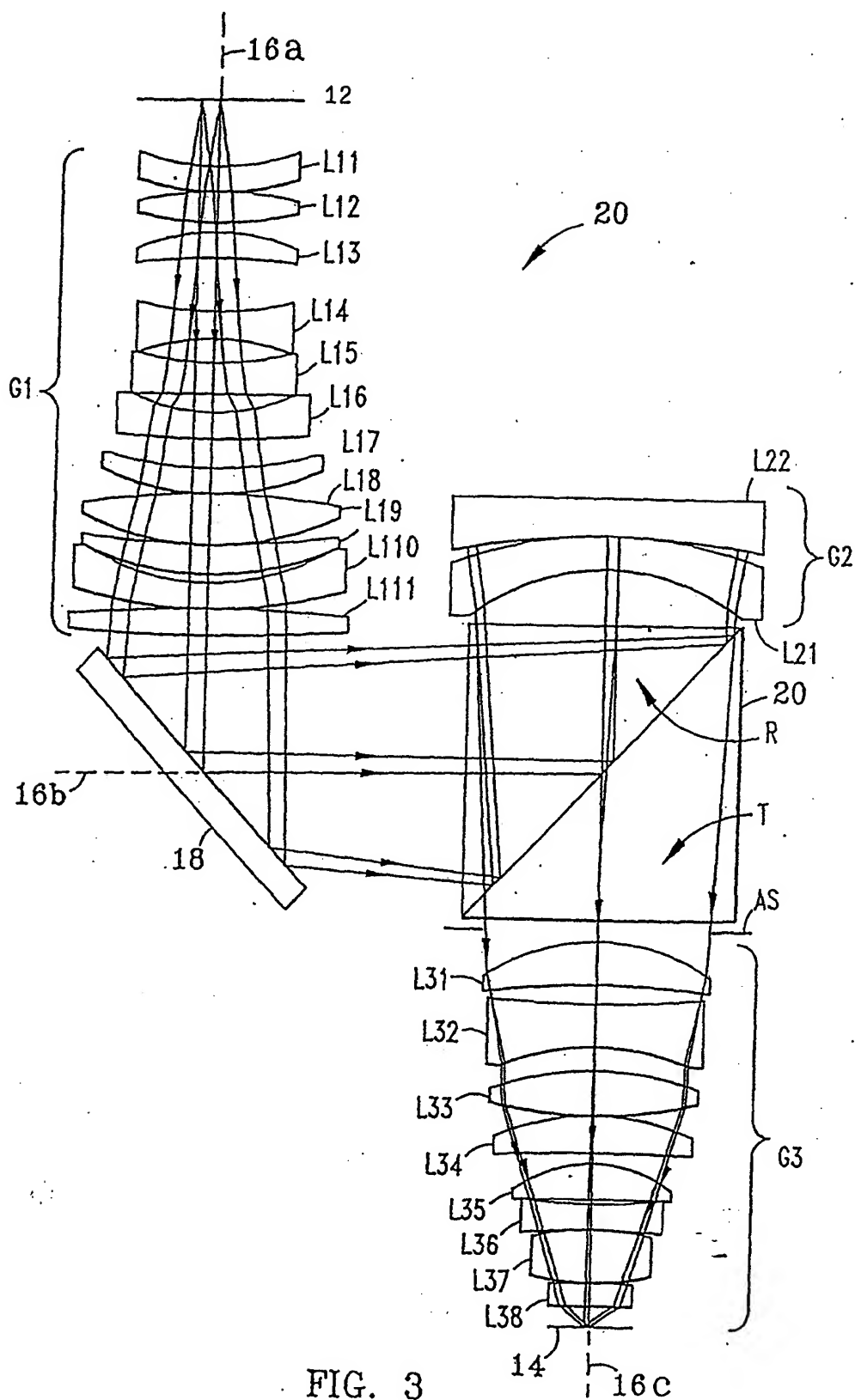


FIG. 2c



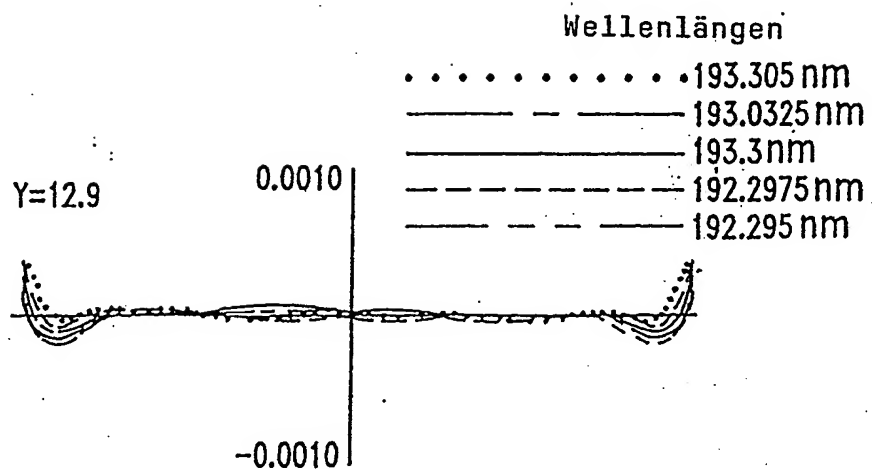


FIG. 4a

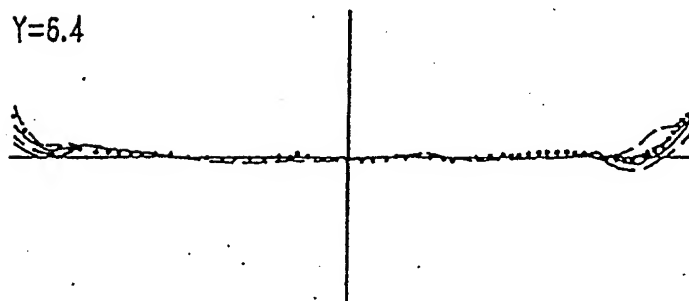


FIG. 4b

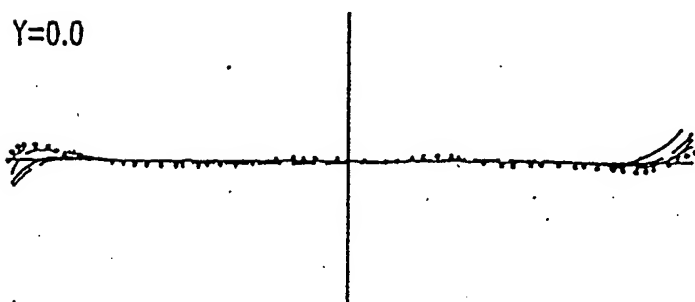


FIG. 4c